Mobilfunkdaten-gestützte Optimierung der regionalen Differenzierung am Beispiel des deutschlandweiten Verkehrsmodells Validate

PTV Mobility Anwenderseminar 2025, Würzburg

Michael Haberl | Invenium Data Insights GmbH

michael.haberl@invenium.io | +43 664 88 199 005

Herrengasse 28 | 8010 Graz | www.invenium.io

Lars Peter | PTV Planung Transport Verkehr GmbH

lars.peter@ptvgroup.com | +49 721 9651 226

Haid-und-Neu-Straße 15 | 76131 Karlsruhe | www.ptvgroup.com

supported by

Motivation & Problemstellung

📍 **Regionalisierte und aktuelle Mobilitätsindikatoren** (z. B. Fahrleistung, Modal Split) sind zentrale Entscheidungs- und Berichtsinstrumente für Politik und Planung

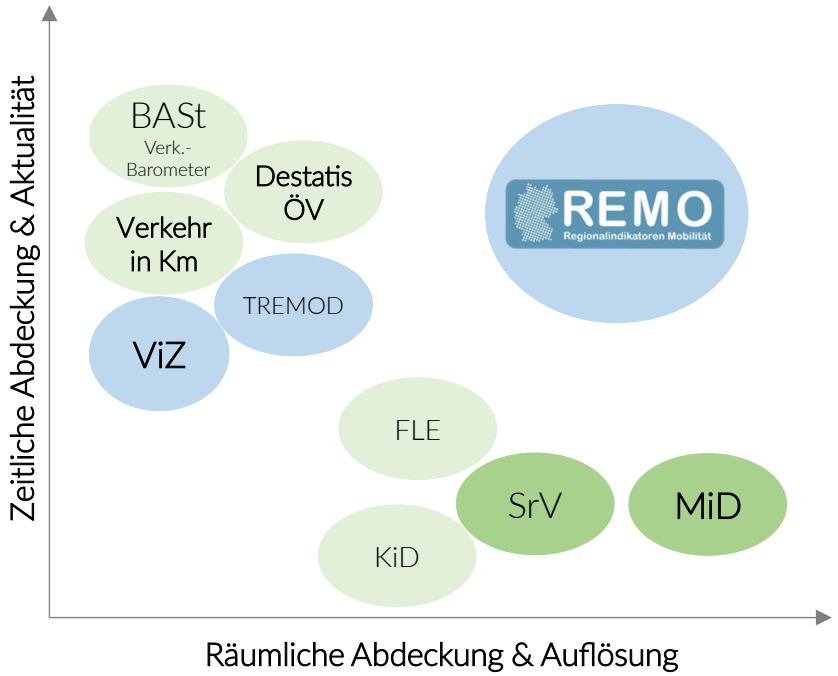
Eurostat entwickelt Leitlinien und Pilotprojekte, um **standardisierte Mobilitätsindikatoren** auf EU-Ebene bereitzustellen.

Eine EU-Verordnung fordert künftig eine kontinuierliche Berichterstattung

⚠️ **Etablierte Instrumente der Verkehrsstatistik** basieren Großteils auf Befragungen und weisen Lücken in Bezug auf deren **räumlichen Auflösungen** bzw. **zeitlichen Abdeckungen** und Aktualitäten auf

Das Potenzial neuer, **digitaler Datenquellen**, z. B. Mobilfunkdaten, in Kombination mit **etablierten Verkehrsnachfragemodellen** bleibt bisher weitgehend ungenutzt

Übersicht deutscher Verkehrsstatistiken



Modellierte Statistiken zum Personenverkehr

Empirische Daten zum Personenverkehr

Empirische Daten zu einzelnen Verkehrsträgern / Teilbereichen des Verkehrs

Baustein	ÖV Statistik Amtliche Statistik Öffentlicher Verkehr	VIZ Verkehr in Zahlen	MiD Mobilität in Deutschland	VK Verkehr in Kilometern	ReMo Regionalindikatoren Mobilität
Status	Gesichert (gesetzl. Basis)	Etabliert	Etabliert	Etabliert (Methodik im Wandel)	in Entwicklung
Inhalt	Nachfrage im ÖV	KPIs Personenverkehr, Fahrleistung dt. Fzg.	Alle Kenngrößen Personenverkehr	Fahrleistung dt. Fzg.	KPIs Personenverkehr, Fahrleistung
Methode	Empirisch, Befragung von Unternehmen	Modellrechnung, Datenfusion	Empirisch, Haushaltsbefragung	Empirisch, Tachostandablesung	Modellrechnungen aus Empirie & Datenfusion
Räumliche Dimension	Aggregiert Bund/Länder	Bundesweit aggregierte Ergebnisse	Bundesweite Ergebnisse, teilw. regional	Bundesweit aggregierte Ergebnisse	Regional differenzierte Ergebnisse
Regel-mäßigkeit	Jährlich	Jährlich	Mehrjähriger Abstand	Jährlich	Jährlich
Zeitlicher Verzug	Je Ergebnis verschieden (bis 2 Jahre)	Personenverkehr 2 J., Fahrleistung 1 Jahr	Ca. 1-1,5 Jahre	Ca. 0,5 Jahre	Noch unklar

📝 *„ReMo - Entwicklung eines regional differenzierten deutschlandweiten Verkehrsmodells zur Darstellung konsistenter Verkehrsnachfragekenngrößen“*

Regionalindikatoren Mobilität - Projekt-Konsortium

RWTH Aachen – Institut für Stadtbauwesen

PTV GmbH und PTV Transport Consult GmbH

MotionTag GmbH

Invenium Data Insights GmbH

platomo GmbH

KIT – Institut für Verkehrswesen *

Regionalindikatoren Mobilität - Projektziel & Durchführung

🎯 Ziel ist die Entwicklung von **modellbasierten Methoden**, um **innovative Daten** mit **etablierter Empirie** zu fusionieren

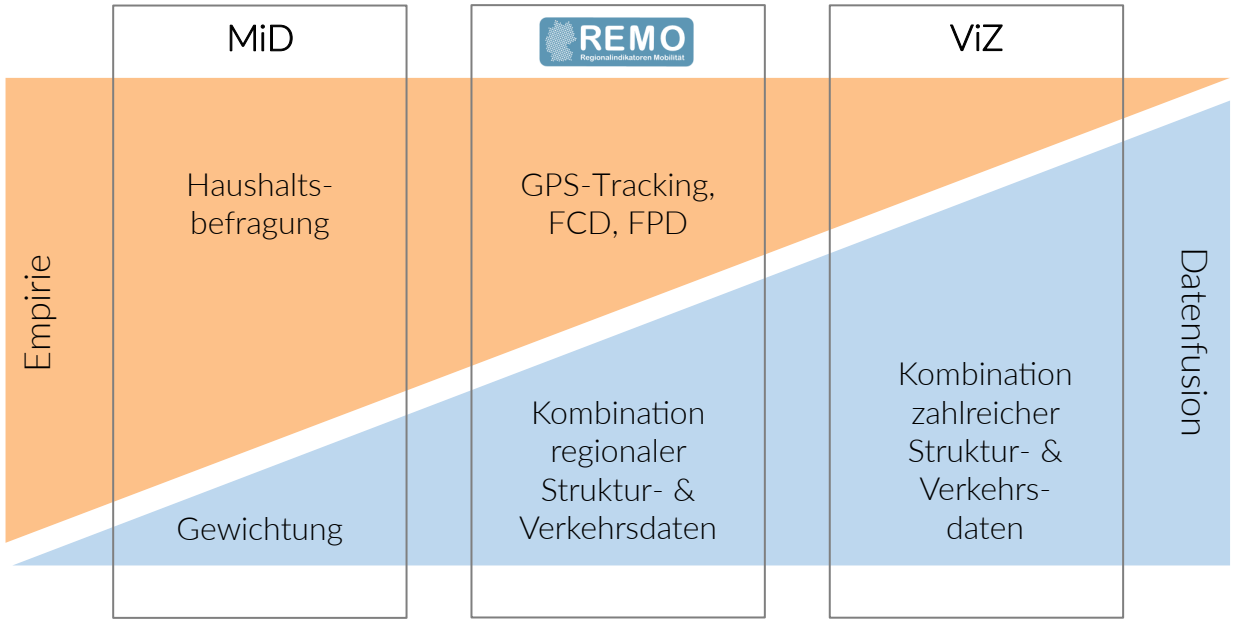
🧩 Dreistufiger Aufbau des Projekts zur **Ermittlung von Mobilitätsindikatoren**

🔎 **Analyse neuartiger und alternativer Datenquellen** (z. B. **Mobilfunkdaten**, GPS-Erhebungen, Floating Car Data)

🔗 Entwicklung **modellbasierter Methoden zur automatisierten Datenfusion** (2 Ansätze)
- 📑 Richtlinienbasiertes Eckwertmodell
- 🕸️ **Netzbasiertes Verkehrsnachfragemodell**

🧱 Aufbau einer Visualisierungsplattform zur Ausweisung regionaler Mobilitätsindikatoren

Empirie & Datenfusion → Verkehrskenngrößen



Warum ist eine regionale Differenzierung zur Darstellung von Mobilitätsindikatoren notwendig?

🔍 Unterschiedliche Mobilitätsrealitäten

- Stadt vs. Land vs. suburbane Räume → stark variierende Verkehrsverhalten
- Regionale Unterschiede in Modal Split, Tagesprofilen, Pendlerrelationen, etc.

🎯 Zielgerichtete Planung und Steuerung

- Regionsspezifische Angebotsgestaltung (z. B. ÖPNV-Taktung)
- Bewertung regionaler Auswirkungen verkehrsplanerischer Maßnahmen

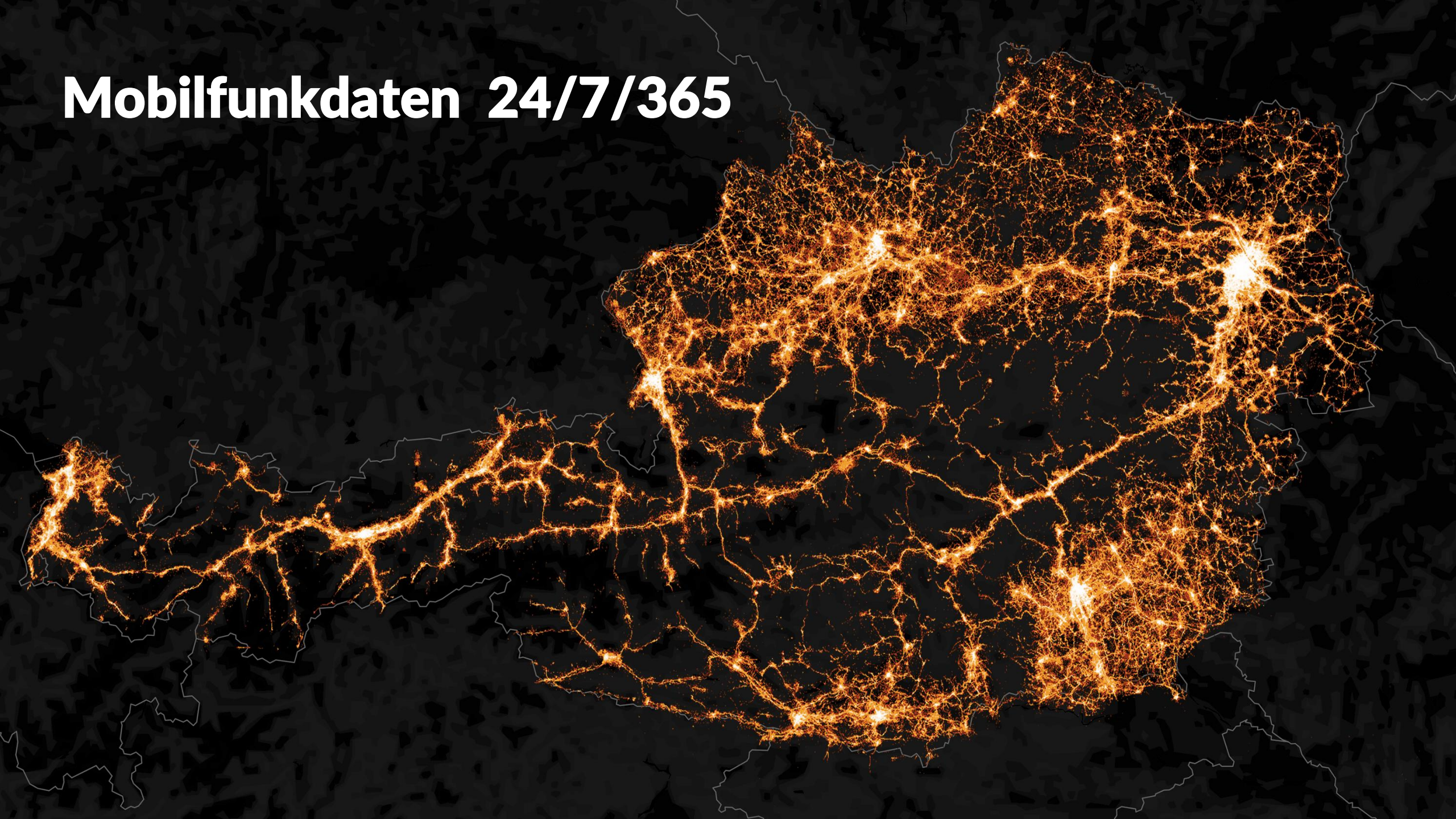
🏛️ Politische und fördertechnische Anforderungen

- Raumtypbasierte Förderprogramme wie z. B. Klimafonds, Gemeindeverkehrs-finanzierungsgesetz (GVFG)

🔮 Szenarien und Zukunftsrobustheit

- Voraussetzung für eine robuste und prognosefähige Modellierung
- Abbildung regional differenzierter Wirkungen von Trends in der Prognose (z. B. Alterung, Urbanisierung)

Mobilfunkdaten 24/7/365



Mobilfunkdaten als neue, digitale Datenquelle

📡 Herkunft und Eigenschaften

- Generiert durch Netznutzung mobiler Endgeräte (aktive & passive Nutzung)
- Aggregiert, anonymisiert, DSGVO-konform (alle 24h zufällige ID)
- Flächendeckend und dennoch regionsspezifisch, kontinuierlich, hohe zeitliche Auflösung

⚖️ Vergleich mit klassischen Erhebungen (Haushaltsbefragungen)

Kriterium	Mobilfunkdaten	Haushaltsbefragungen
Erhebungsumfang	Nahezu vollständig (Hochrechnung basierend auf Marktanteile)	Stichprobenbasiert, selektiv
Zeitliche Abdeckung	Laufend (täglich, stündlich, auch NRT möglich)	Punktuell (z. B. alle 5–10 Jahre)
Raumbezug	Hoch aufgelöst und flächendeckend (Maststandortverfügbarkeit)	Meist grob (Verkehrszellen, Gemeinden)
Erhebungskosten	Skalierbar, geringer Erhebungsaufwand	Personal- und kostenintensiv
Verhaltensbezug	Passiv erfasst, keine Selbstauskunft, aber **eingeschränkte Informationstiefe**	Subjektiv, rückblickend, fehleranfällig
Datenschutz	Aggregiert & anonymisiert	Personenbezogen (mit Einwilligung)

Mobilfunkbasierte Standortdaten – Grundlagen der Datenbasis

Datenherkunft

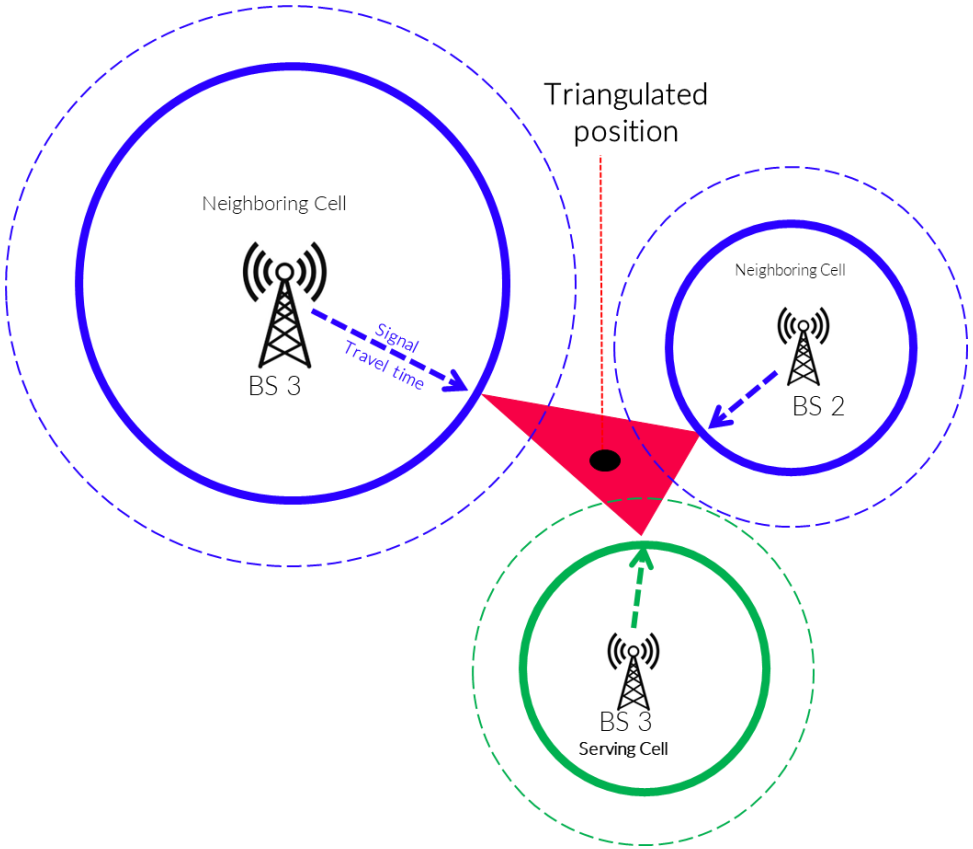
- Monitoringsystem der Mobilfunknetzbetreiber (MNO)
- Datenerfassung erfolgt automatisch durch die aktive und passive Nutzung des Mobilfunknetzes

Erfasste Ereignisse pro Gerät

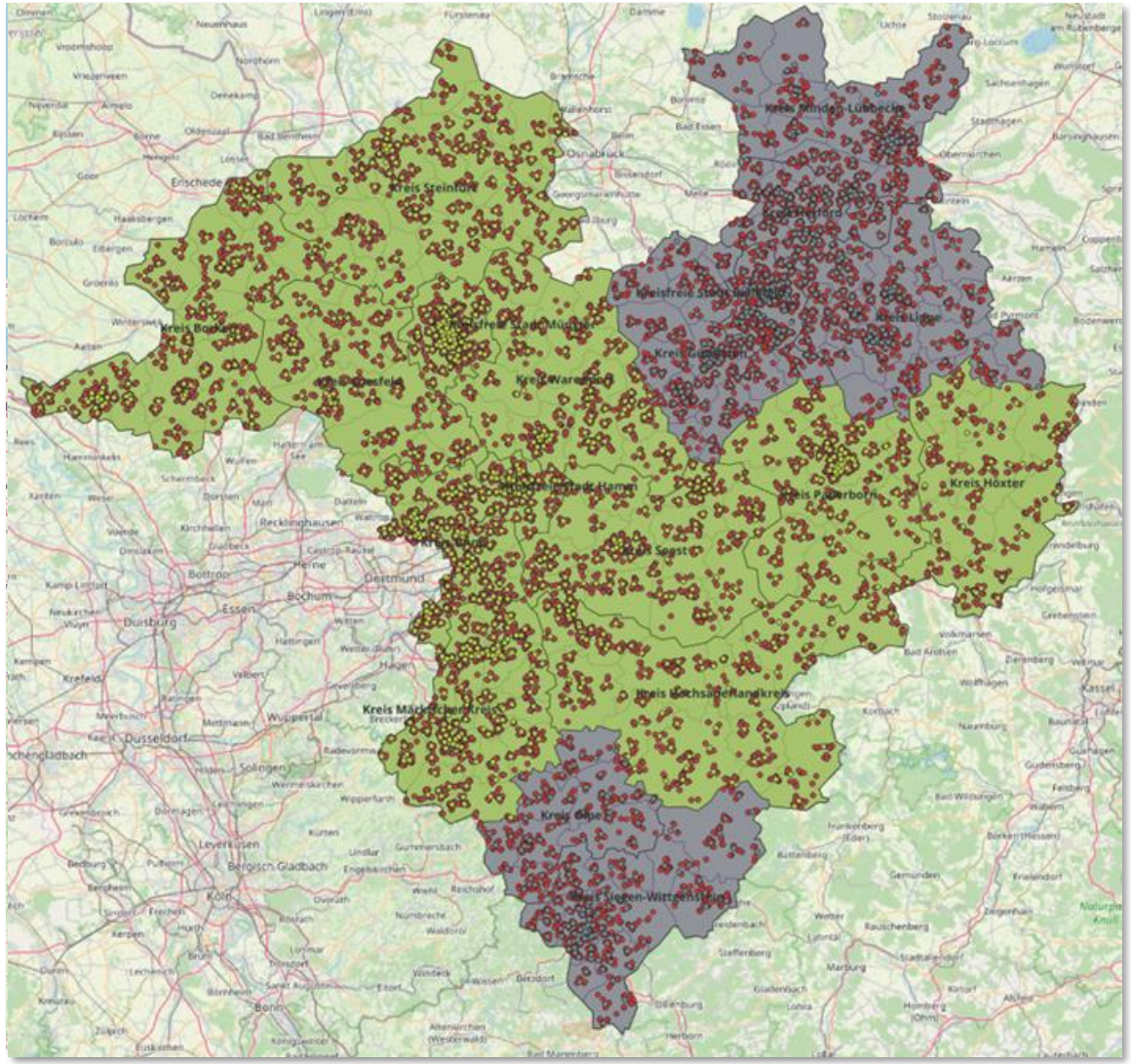
- Anonymisierte ID (basierend auf IMSI, täglich eindeutig, für 60 Tage gespeichert)
- Position (geschätzt, z.B. via Triangulation)
- Zeit, Ereignistyp, TAC, Roaming-Status
- ⌀ ~760 Ereignisse/Tag/Gerät (3G/4G/5G)

Datenbasis der Mobilfunknetzbetreiber (MNO)

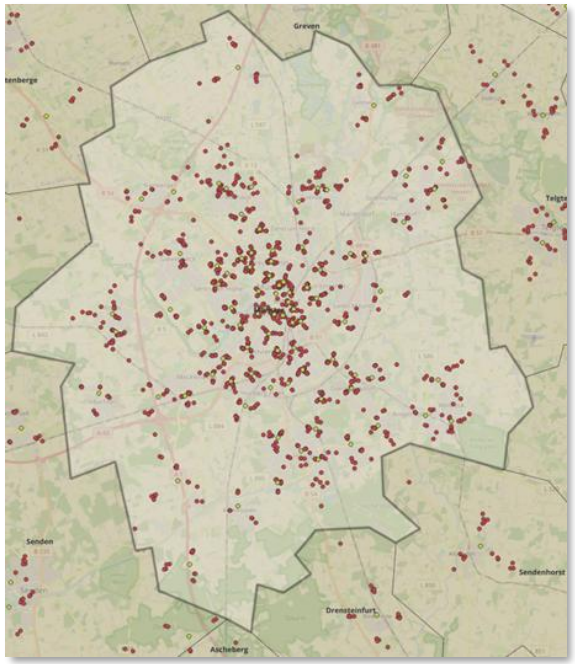
- A1 Telekom Austria
  → ~3,1 Mio. Mobilgeräte → ~38% Marktanteil
- Telefónica O2
  →~37 Mio. Mobilgeräte → ~27% Marktanteil
- Hochrechnung auf die Grundgesamtheit (regional)



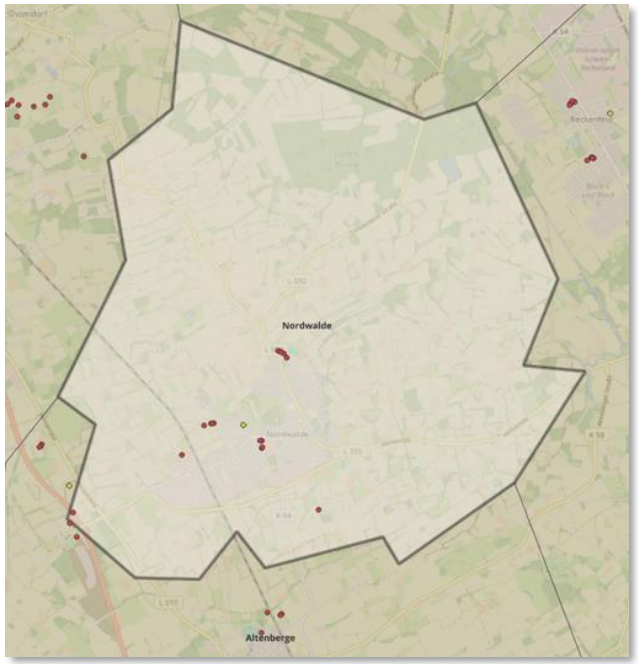
Maststandortverfügbarkeit - flächendeckend



Urban



Rural

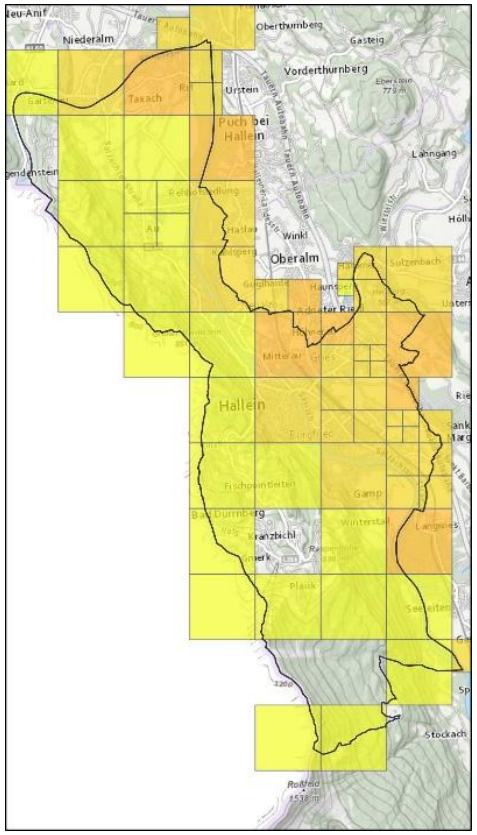


Datenschutz: Erzielbare raum-zeitliche Auflösung

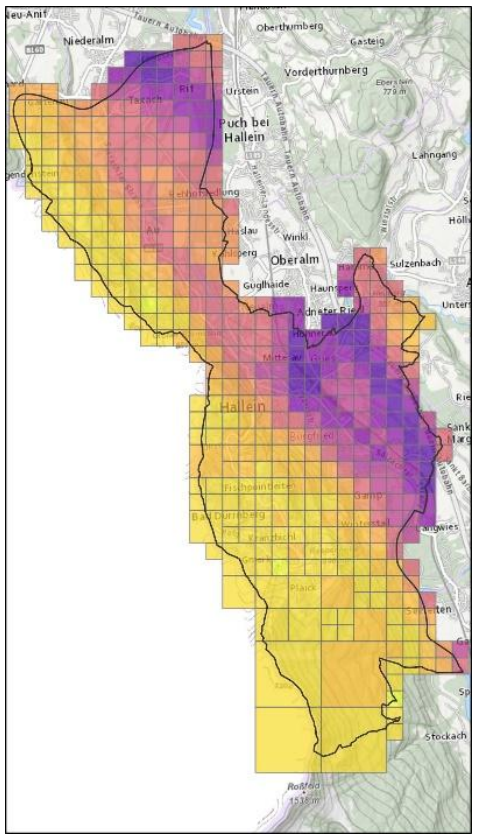
Rasterbasierte Mobilfunkdaten
Trips (Durchreise, Quell-Ziel)

Datenschutz: Werte < 20

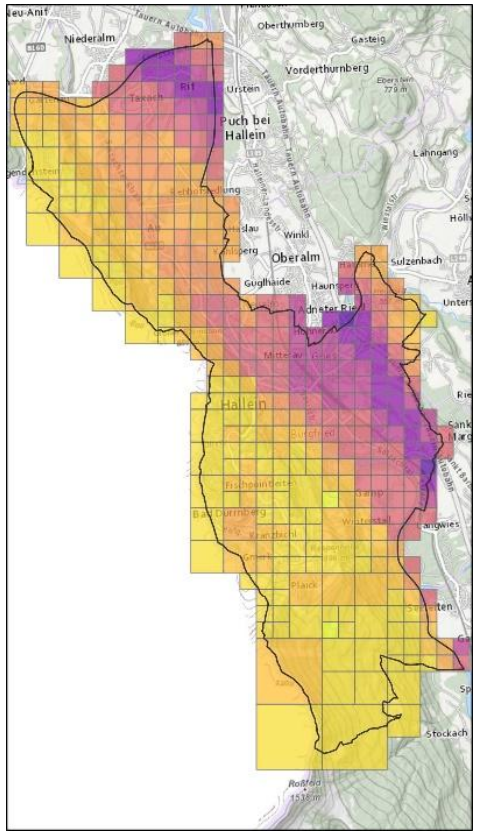
02:00 Uhr



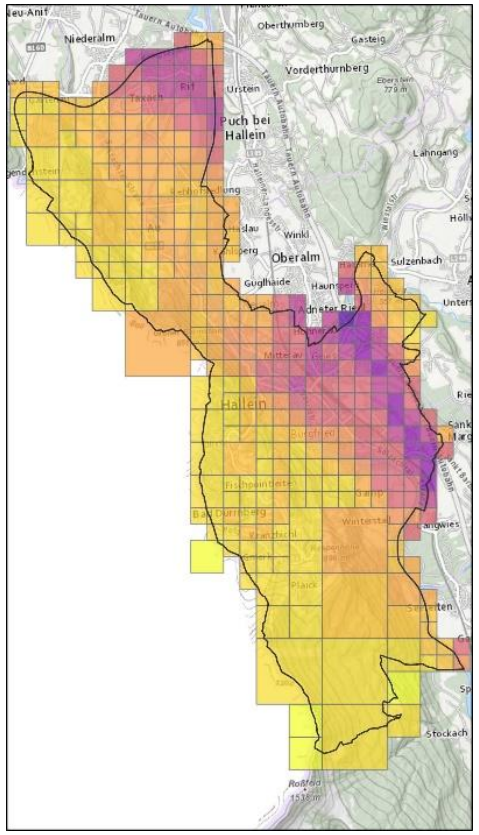
07:15 Uhr



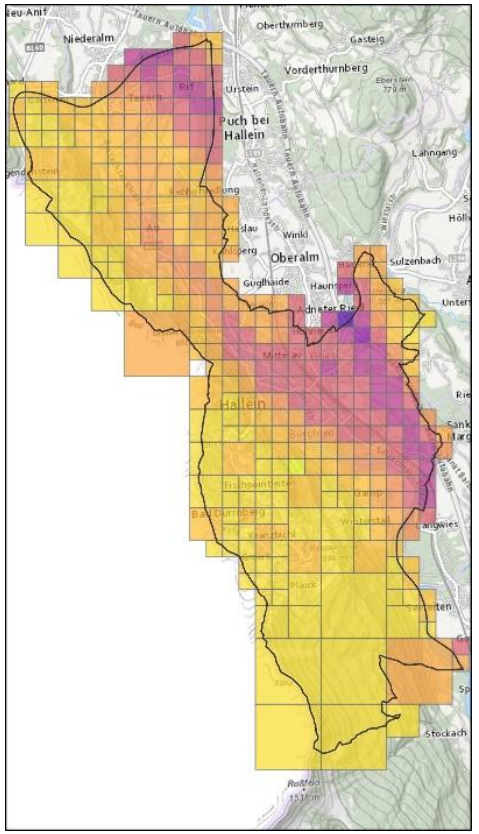
08:15 Uhr



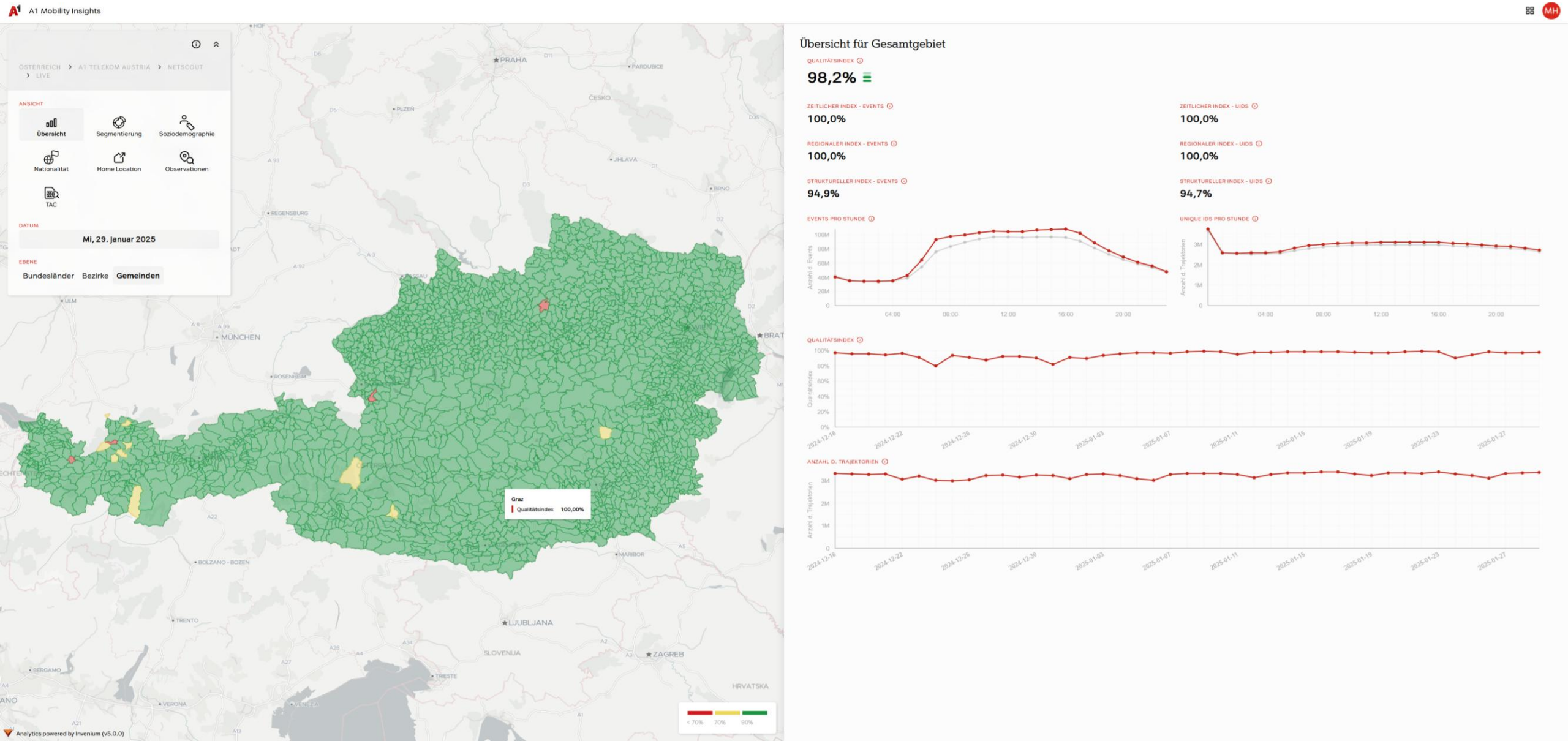
09:15 Uhr



10:45 Uhr



Qualitätssicherungs- und Monitoring-System



Die Transformation von Mobilfunkrohdaten in eine Quelle-Ziel-Matrix

Vorverarbeitung der Mobilfunkdaten inkl. Anonymisierung

1. Mobilfunkdaten aufzeichnen
2. Anonymisierung d. Mobilfunkdaten (24h)
3. Datenfilterung- und Bereinigung

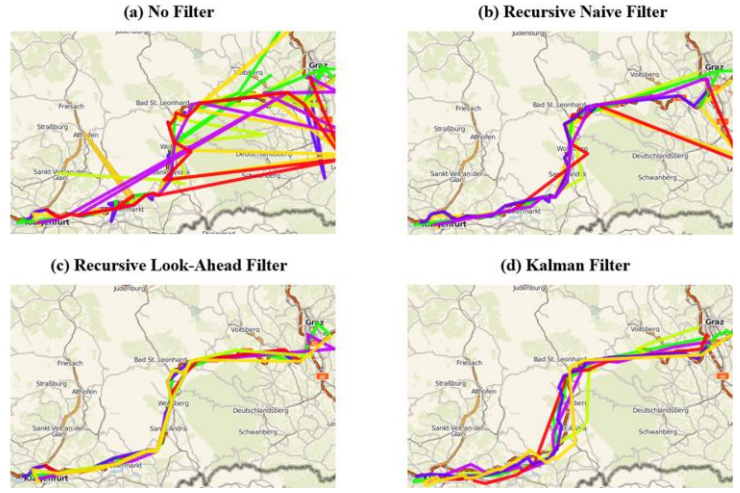
Segmentierung und Extrapolation

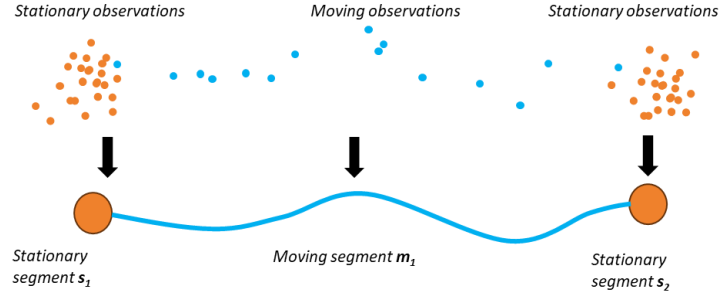
4. Segmentierung Stationär/Bewegend (Gesamtpersonenverkehr)
5. Erkennung von Aktivitäten (z.B. Heimatstandort)
6. Individuelle Gewichtung durch regionale Hochrechnung

Ergebnisse

Aggregation gleicher Quelle-Ziel-Beziehungen und Erstellung einer Quelle-Ziel-Matrix

Horn, C., Klampfl, S., Cik, M., & Reiter, T. (2014). Detecting Outliers in Cell Phone Data: Correcting Trajectories to Improve Traffic Modeling. Transportation Research Record, 2405(1), 49-56. https://doi.org/10.3141/2405-07

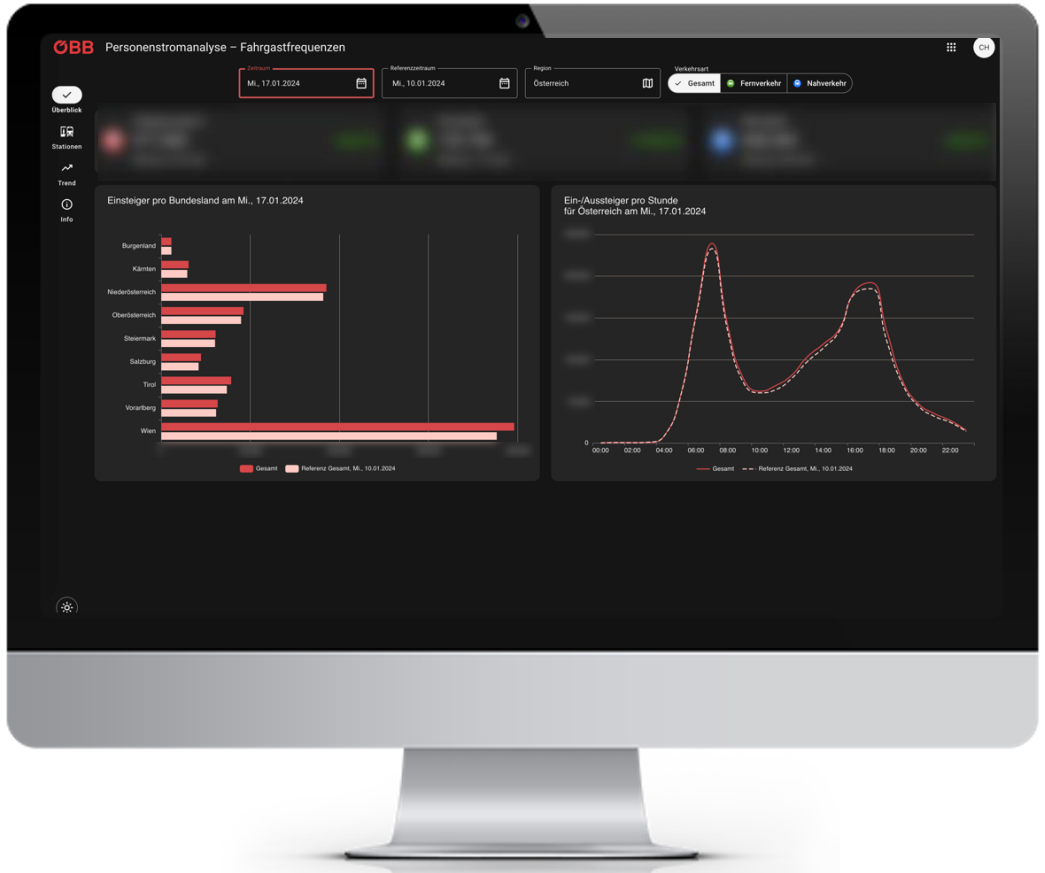


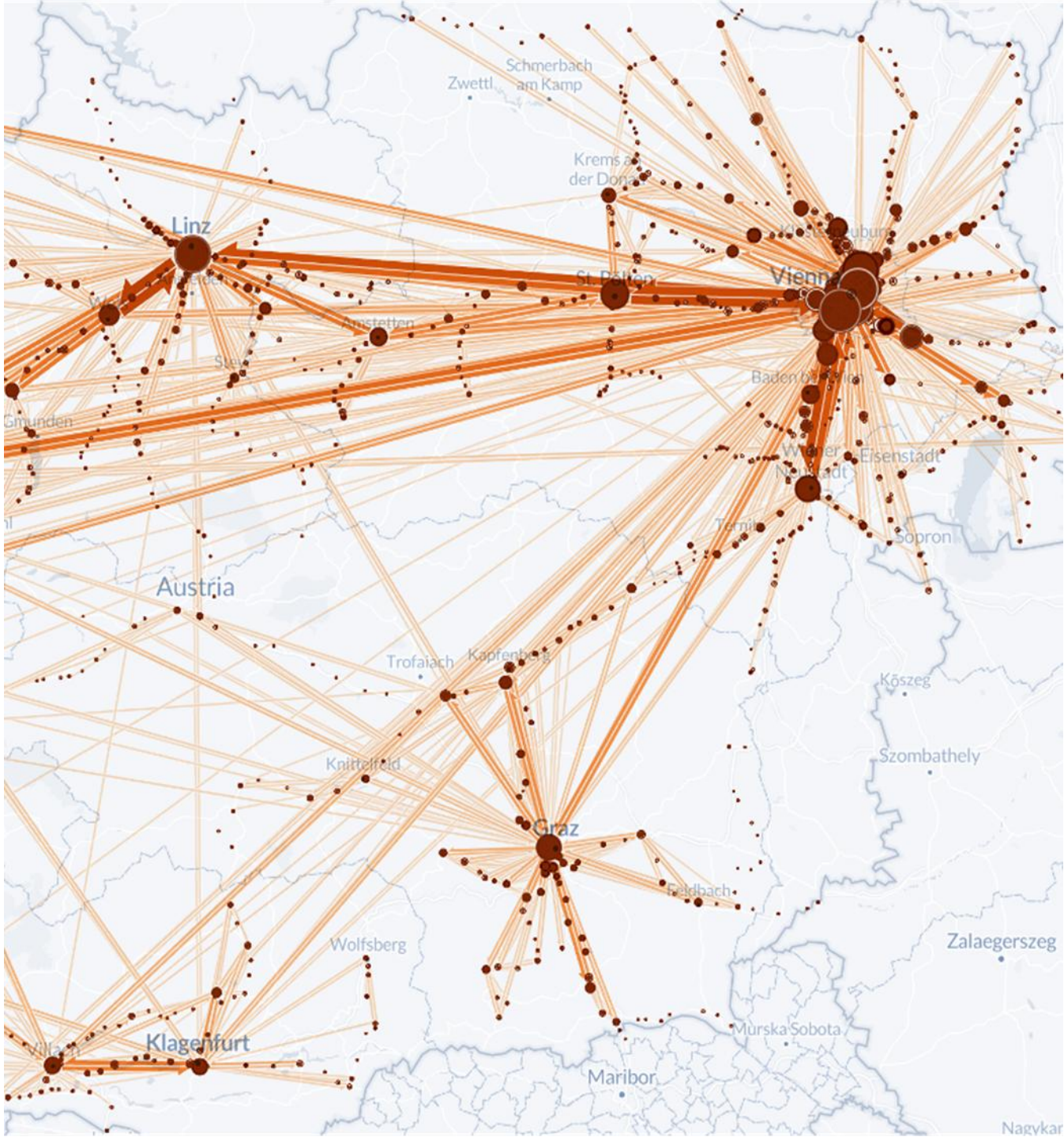


Adapted on: K Chin, H Huang, C Horn, I Kasanicky, R Weibel : Inferring fine-grained transport modes from mobile phone cellular signaling data, Computers, Environment and Urban Systems, 2019

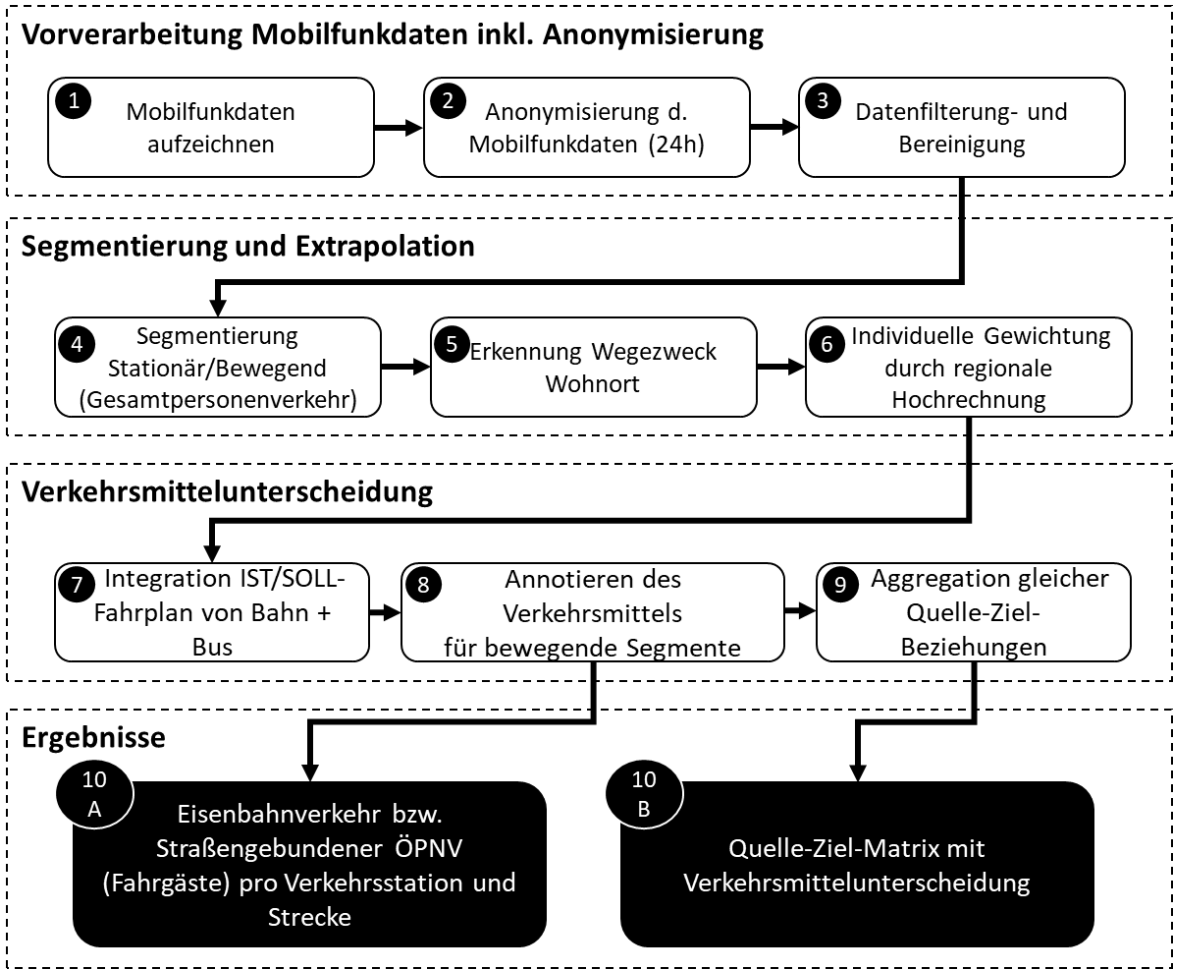
Referenzprojekt ÖBB

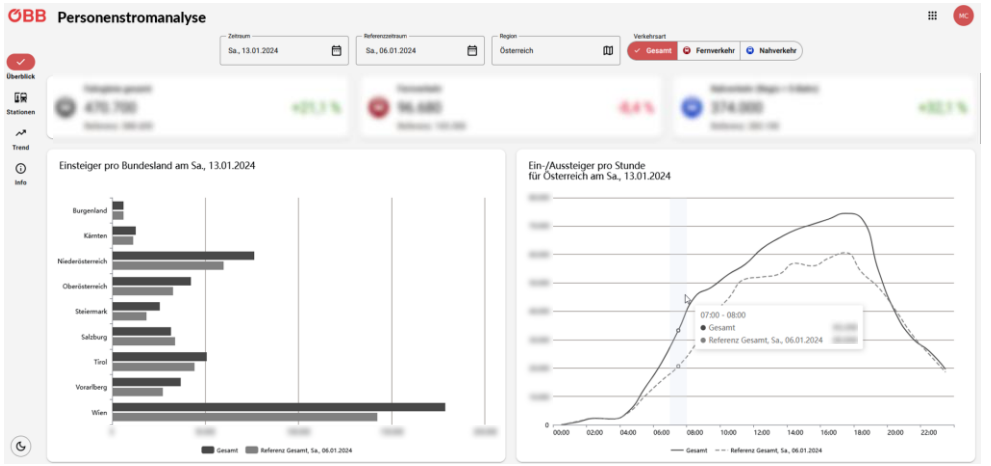
Selected customers ÖBB VOR Verkehrsverbund Ost-Region





Die Transformation von Mobilfunkrohdaten in eine modusfeine Quelle-Ziel-Matrix





AWS-Vortrag ohne 4-Stufen-Algorithmus in Verkehrsmodellen - „Undenkbar“

1. Verkehrserzeugung

🏠👥 Wer fährt überhaupt?

🔢 Ermittlung der Anzahl an Fahrten pro Gebiet / Zone

🏠🏢👨‍👩‍👧 Einflussfaktoren: Bevölkerung, Arbeitsplätze, sozioökonomische Daten

2. Verkehrsverteilung

🧭 Wohin fahren sie?

📍 Bestimmung der Zielorte von Fahrten (Quell-Ziel-Matrix)

🧲 Nutzung von Gravitations- oder Entfernungsmodellen

3. Verkehrsmittelwahl

🚶🚲🚗🚌🚆 Womit wird gefahren?

❓ Auswahl des Verkehrsmittels (Auto, ÖPNV, Rad, Fuß)

⏱️💰 Abhängig von Reisezeit, Kosten, Komfort, Verfügbarkeit

4. Verkehrsumlegung

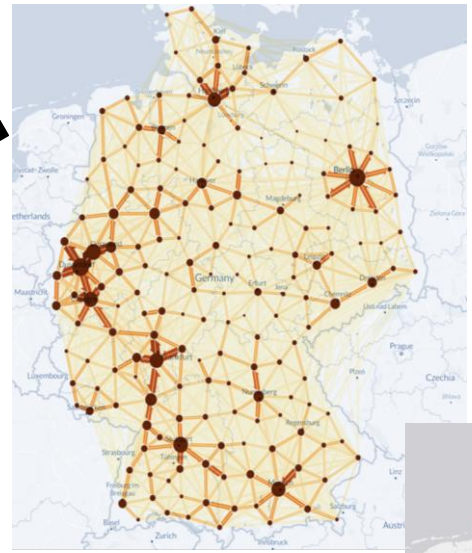
🛣️ Welche Routen werden genutzt?

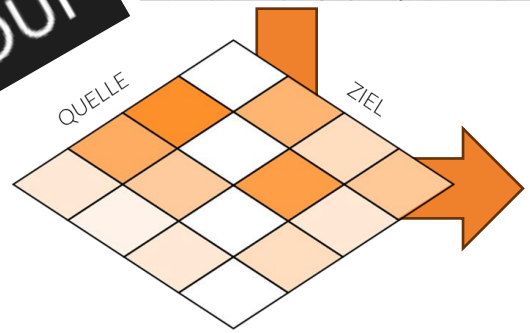
🗺️ Zuordnung der Fahrten zu Wegen im Verkehrsnetz

⚖️ Berücksichtigung von Kapazität, Stau, Routenwahlverhalten

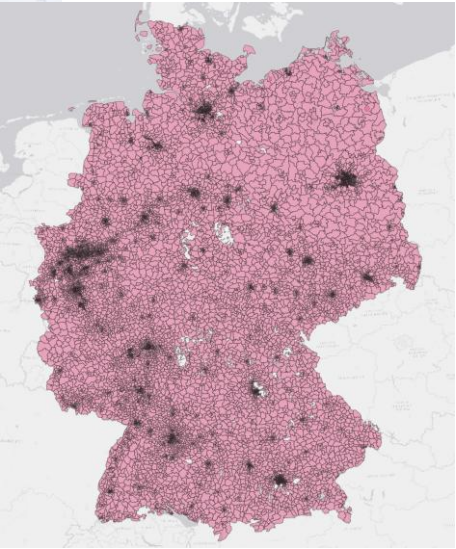
INVENIUM DATA INSIGHTS

PTV GROUP





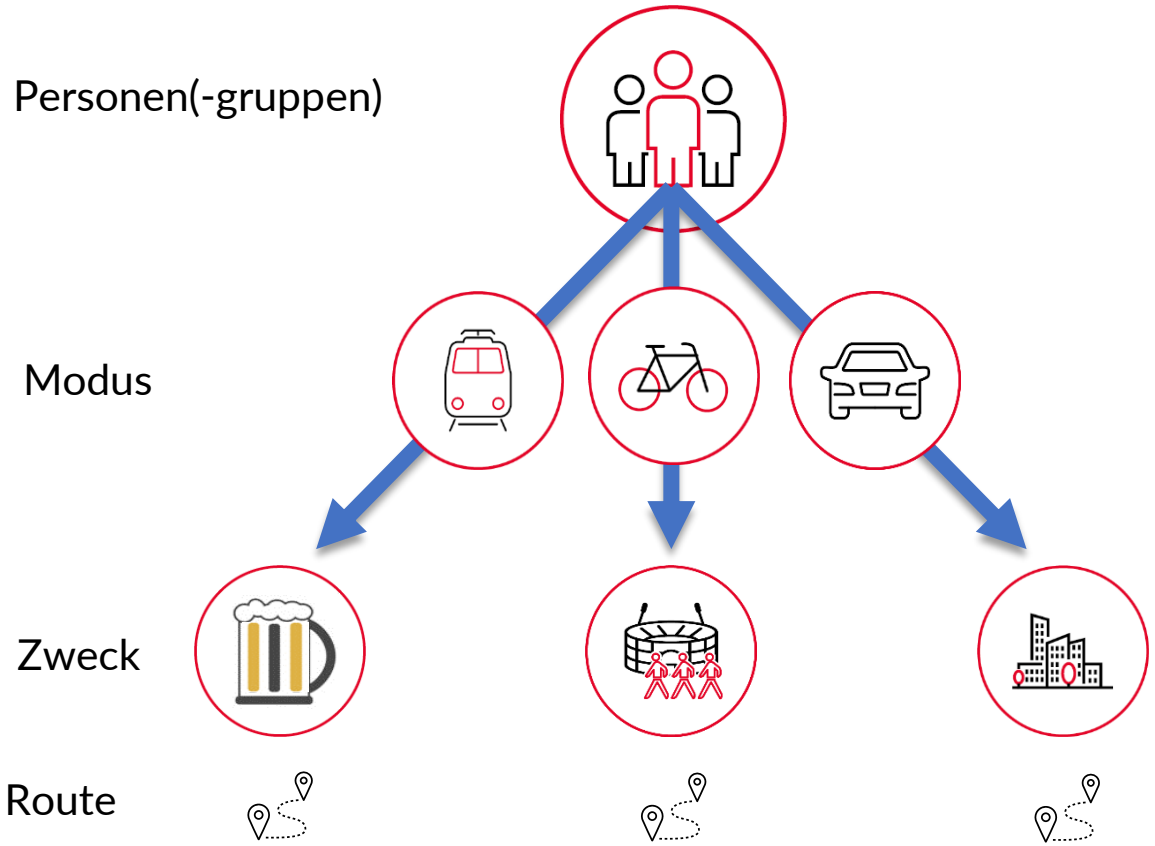
Quelle-Ziel-Matrix



Was macht ein Verkehrsnachfragemodell?

REMO Regionalindikatoren Mobilität

- Entscheidungsprozesse nachbilden!



Ein VNM kann eingesetzt werden

- **als Hochrechnung der MID**,
- regional differenziert,
- unter Einbeziehung des Verkehrsangebots,
- mit einer Lokalisierung der Aktivitätsorte und der Routen
- (und ist prognosefähig).

PTV GROUP

PTV Validate – Verkehrsmodell für Deutschland

Nationales Verkehrsmodell

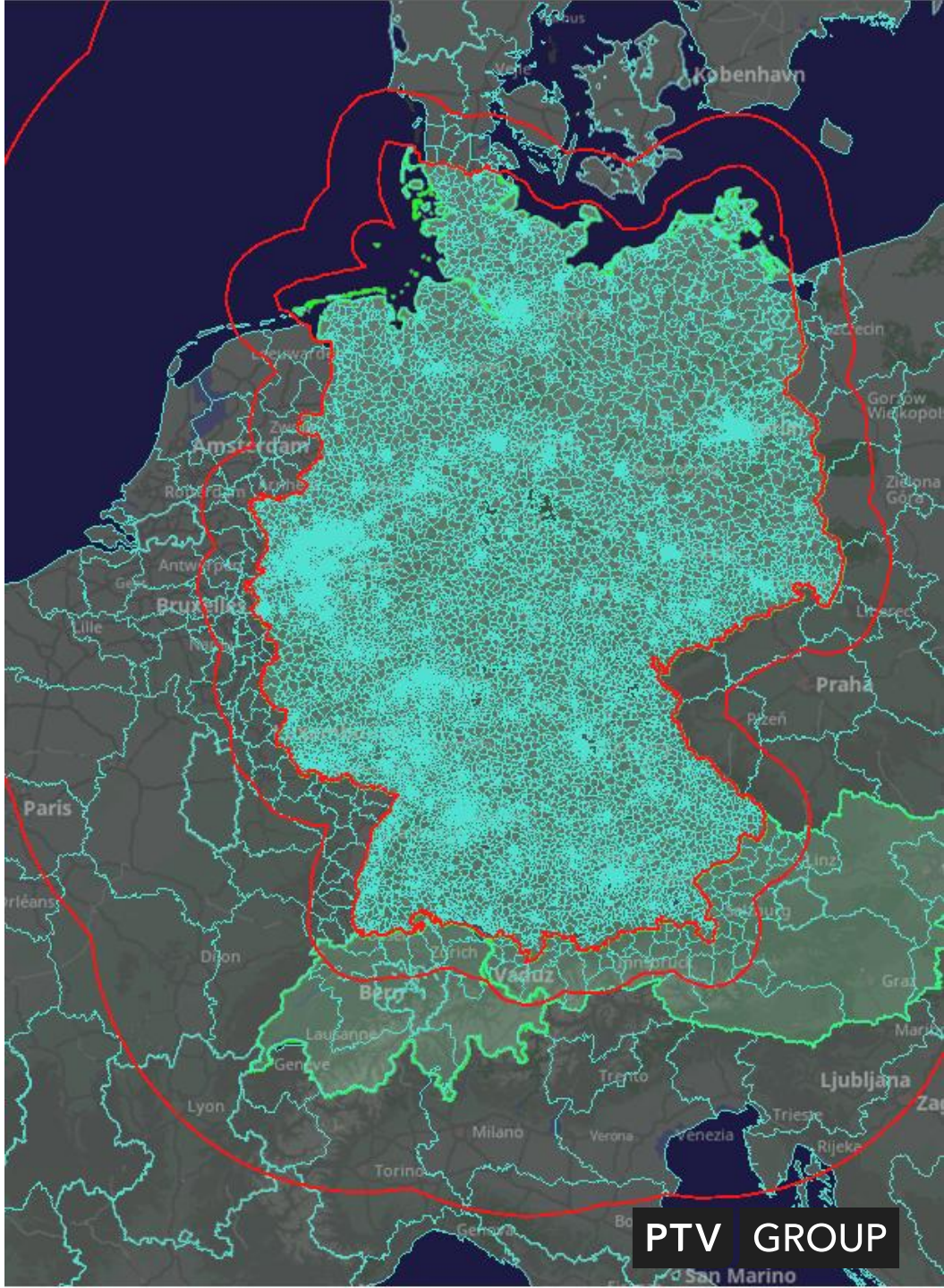
- Umfasst ganz Deutschland
- sowie ganz Europa im Außenbereich
- Entwickelt mit PTV Visum – seit 2005 (als Model as a Product)

Eckdaten

- Makroskopisches Modell mit ca. 21000 Verkehrsbezirken
- Über 10 Millionen Strecken mit einer Länge von ca. 3 Mio. km
- etwa 120 Mio. Pkw-, 10 Mio. Lieferverkehr- und 3 Mio. Lkw-Fahrten (durchschnittlicher Werktag)

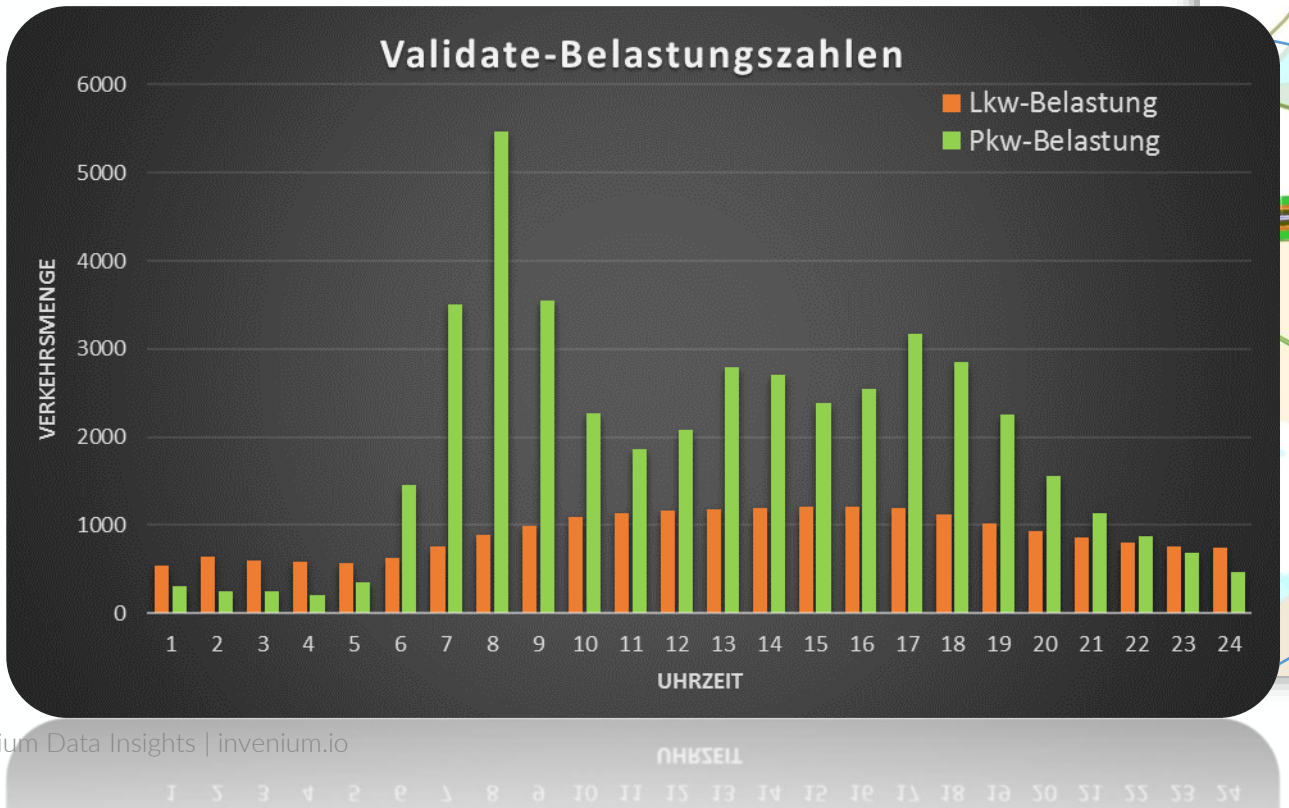
Datenbasis (Auswahl)

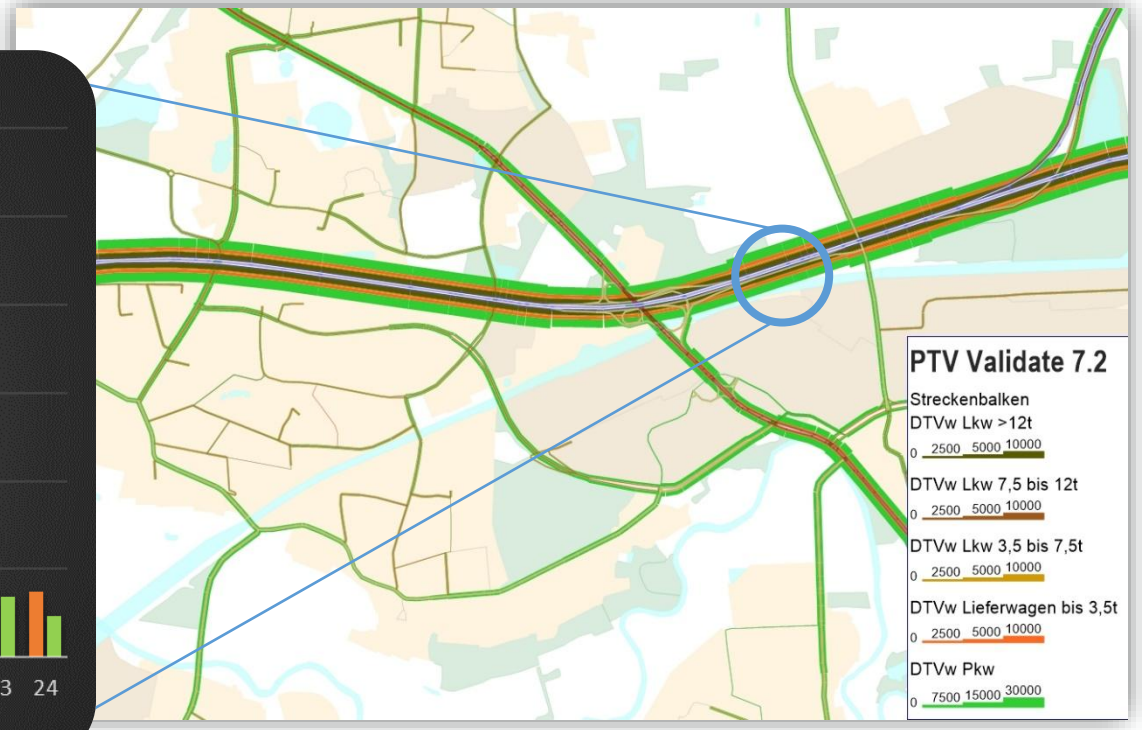
- HERE-Navigationsnetz (jährlich aktualisiert) – aktuell 2024-Q1
- Offizielle sozioökonomische Strukturdaten (u.a. Zensus 2022)
- Mobilitätsverhaltensdaten aus MiD (“Mobilität in Deutschland”)
- Pendlerdaten der Bundesagentur für Arbeit (2023)
- Jeweils aktuelle KBA-Studie zum Güterverkehr in DEU (KiD)
- branchen- und produktgruppenspezifische Güterverkehrsdaten
- Verkehrszählwerte der BASt (Bundesanstalt für Straßenwesen, 2023/2024)



Was liefert ein Modell wie Validate?

- **Verkehrsmengen** für das gesamte Straßennetz
  - je Modus (Wochentagkategorie und Uhrzeit)
  - je Strecke (und Richtung inkl. Routeninformationen)
  - regional aggregierbar

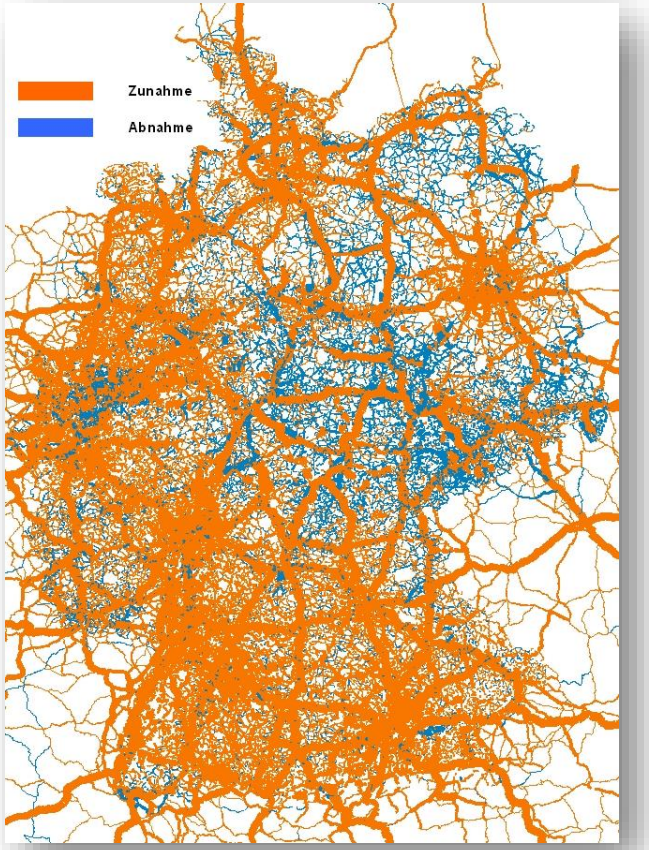




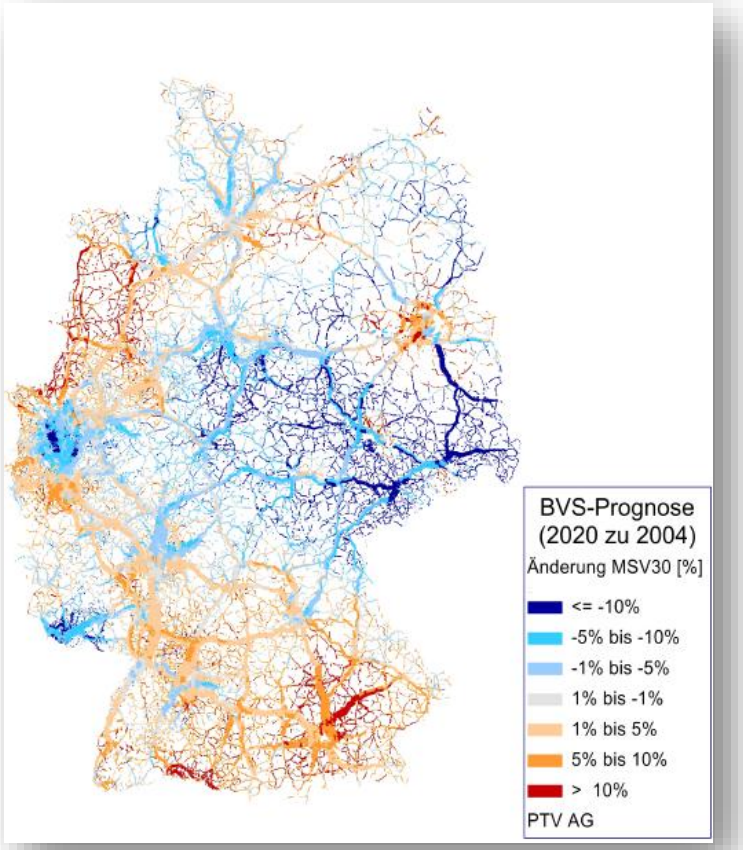
PTV Validate – bundesweite Anwendungen

REMO
Regionalindikatoren Mobilität

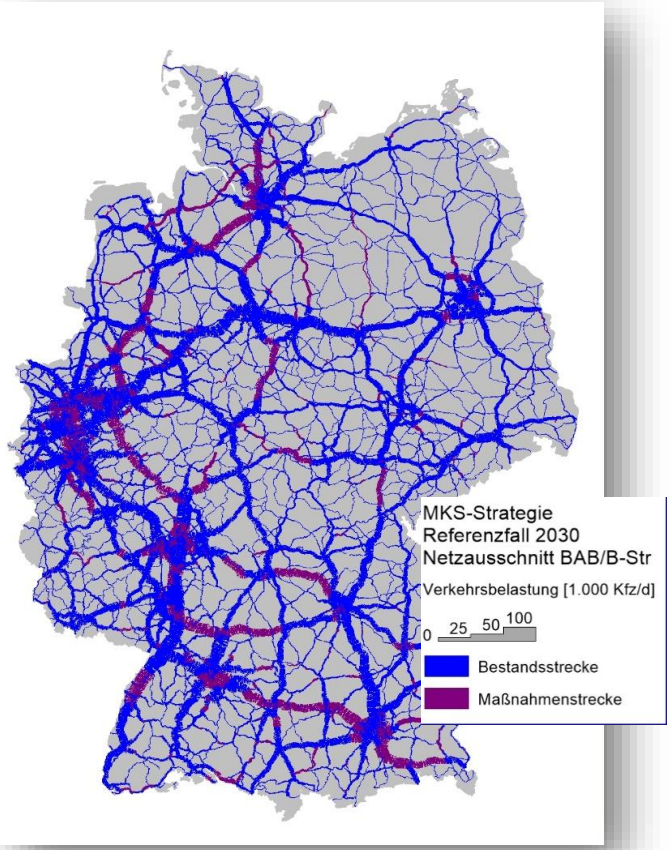
Acatech-Prognose
2004 bis 2020 (BMVBS)



Prognose des Bemessungsverkehrs
2004 bis 2020 (BASt)



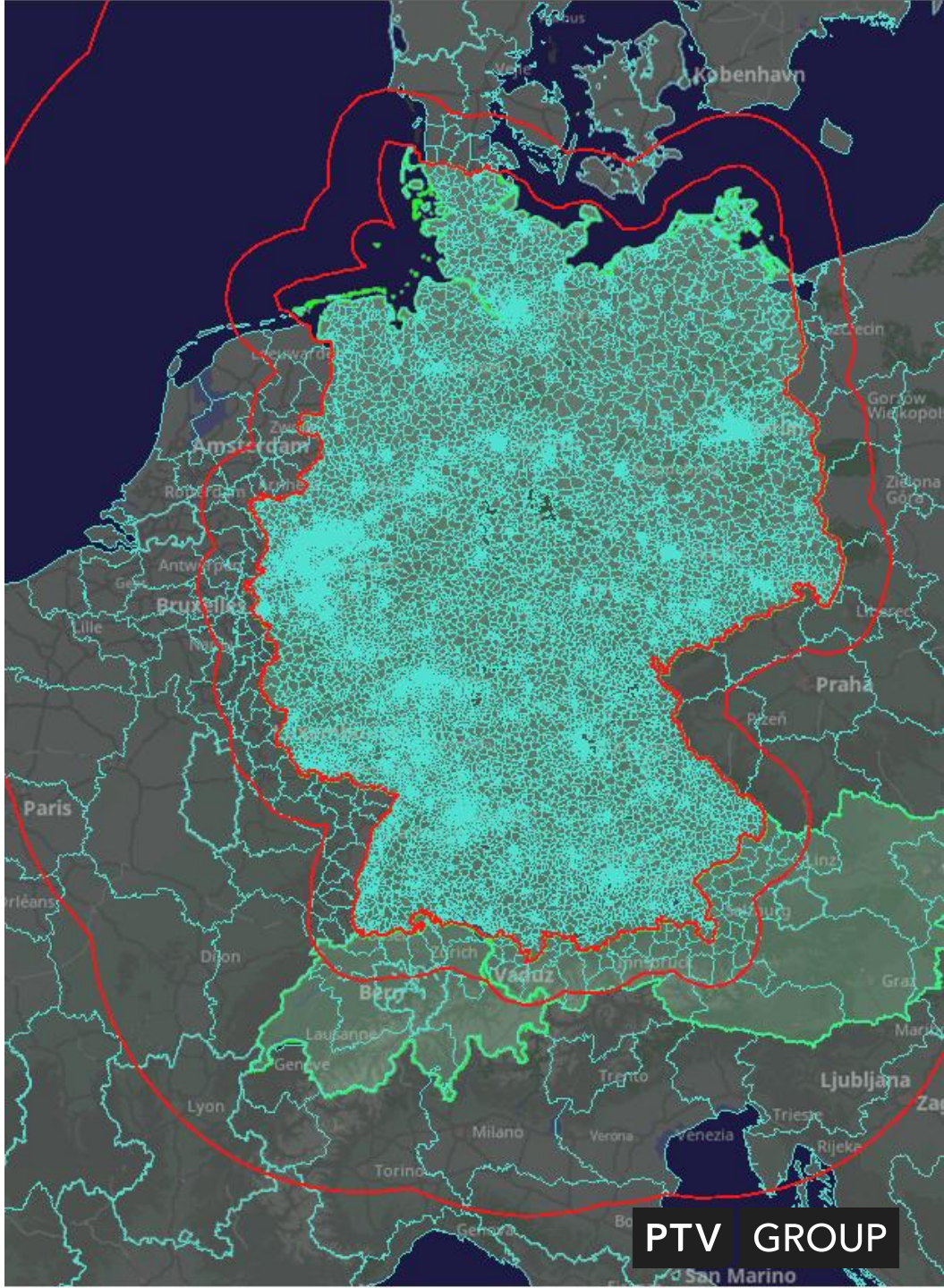
Prognose Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie
2015 bis 2030 (BMVI)



PTV GROUP

Puzzlestein Verkehrsnachfragemodell

Verkehrsnachfragemodelle werden schon sehr lange für die Ermittlung von Kenngrößen verwendet, finden aber bislang wenig Eingang in die Verkehrsstatistik



„Das Verkehrsmodell Validate der **PTV**
verbindet innovative Datenquellen,
wie Mobilfunkdaten der **INVENIUM**
mit etablierter Empirie, zur Ermittlung
regionaler **Mo**bilitätsindikatoren“

INVENIUM
DATA INSIGHTS

Treffen wir gemeinsam datenbasierte Entscheidungen

Nutzen Sie mit Invenium Data Analytics Solutions die volle analytische Kraft von Invenium. Mit unserem Wissen über menschliche Mobilität, verknüpfen mit Ihren eigenen Systemen und Daten transformieren Sie die Art und Weise Entscheidungen zu treffen.

Wir freuen uns darauf,
von Ihnen zu hören.

Michael Haberl
Business Development
michael.haberl@invenium.io
0043 664 88 199 005